

CLIPPEDIMAGE= JP402278132A  
PAT-NO: JP402278132A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02278132 A  
TITLE: OPTICAL FILTER

PUBN-DATE: November 14, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

DONO, NICHOLAS R

GREEN, JR PAUL E

PERRIER, PHILIPPE A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM> N/A

APPL-NO: JP02038533

APPL-DATE: February 21, 1990

INT-CL\_(IPC): G01J003/26; G02B005/28 ; G02F001/23 ; H01S003/08 ; H01S003/106

ABSTRACT:

PURPOSE: To miniaturize a filter and to enable it to be used for tunable laser and optical communication by providing multiple resonance cavities wherein an optoelectronic material is contained inside and reflection surfaces are provided at both ends.

CONSTITUTION: Multiple resonance cavities 48 and 49 wherein an opt-electric material 32 is contained inside and reflection surfaces 34-37 are provided at both ends are provided to a filter. When a device is tuned to an arbitrary wave length  $\lambda$ , a specified single voltage is applied to an electrode 31. When the voltage is applied to the electrode 31, the reflectance of an apt-electronic material in the cavity 48 is adjusted to a pre-determined value so that the cavity 48 is resonated with the wave length  $\lambda$ . Therefore, a standing wave of n-times of half-wavelength  $\lambda$  exists in the resonance cavity. When the material of the resonance cavity 49 is identical with that of the cavity 48, the reflectance in the cavity 49 is a specified value, thus, as desired, the standing wave of m-times of half-wavelength of wavelength  $\lambda$  exists in the resonance cavity 49. Thus a filter can be miniaturized, and can be used for a tunable laser and optical communication.

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-278132

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)11月14日

G 01 J 3/26

8707-2G

C 02 B 5/28

7348-2H

7630-5F

H 01 S 3/08

Z※

審査請求 有 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 オプティカル・フィルタ

⑯ 特 願 平2-38533

⑰ 出 願 平2(1990)2月21日

優先権主張 ⑱ 1989年2月21日 ⑲ 米国(US) ⑳ 312285

⑳ 発 明 者 ニコラス・リチャード・ドノ アメリカ合衆国ニューヨーク州ホープウェル・ジャンクシ  
 ⑳ 発 明 者 ポール・エリオット・グリーン、ジュニア アメリカ合衆国ニューヨーク州マウント・キスコ、アール  
 ㉑ 出 願 人 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク(番  
 ㉒ 代 理 人 弁理士 頓宮 孝一 外1名  
 最終頁に続く

## 明 細 書

1. 発明の名称 オプティカル・フィルタ

2. 特許請求の範囲

(1) 次の各要件からなる同調可能なオプティカル・フィルタ。

(a) 内部に電子光学的材料を含み、両端に反射面を有する複数の共振キャビティ。

(b) ただ1つの制御電圧にตอบสนองして、上記キャビティ中の上記電子光学的材料の屈折率を同時に変化させる手段。

(c) 光学的信号が上記キャビティを通過し、且つ上記電子光学的材料の屈折率が予定された値に調節された時、上記キャビティが選択された波長に共振すること。

(2) 次の各要件からなる同調可能なオプティカル・フィルタ。

(a) 内部に電子光学的材料を含み、2つの端部の各端部反射面を持つ複数の共振キャビティ。

(b) 上記共振キャビティの夫々の長さが、相互

の長さに対して整数倍に設定されていること。

(c) ただ1つの制御電圧にตอบสนองして、上記キャビティ中の上記電子光学的材料の屈折率を同時に変化させる手段。

(d) 光学的信号が上記キャビティを通過し、且つ上記電子光学的材料の屈折率が予定された値に調節された時、上記キャビティが選択された波長に共振すること。

## 3. 発明の詳細な説明

## A. 産業上の利用分野

本発明は光通信、レーザ及びスペクトロスコピー(spectroscopy)に使われる同調可能なオプティカル・フィルタ、より詳細に言えば、単一の制御電圧にตอบสนองして、オプティカル・フィルタの各キャビティ(空洞)内の電子光学的材料の屈折率を同時に変化させる手段を有する単純化された複数のキャビティのオプティカル・フィルタに関する。

## B. 従来の技術及び解決しようとする課題

本発明は、異なつた波長で到達した光線を判別する光学手段に関する。代表的なアプリケーション

ンは、光通信(異なる情報を担持するチャンネルが異なる光波長を持つ場合)、同調可能なレーザ(レーザの外部にあるキャビティが、レーザの発射波長を制御する場合)、及びスペクトロスコピー(光波長とエネルギーのベクトルとの関係の詳細を解析しなければならない場合)の分野にある。フアブリー・ペロー共振器(調節用の間隔を有する1対の平行ミラー)は、この同調可能な狭い帯域のフィルタ動作に広く使用されている。上述の3つの分野のアプリケーションに対して、光の波長を選択するための重要な因子は、キャビティの「精巧さ」(finesse)であり、これは転じて、ミラーの反射率と、ミラーの平面度及び平行度とを如何にして高度に達成出来るかにかかっている。周波数の間数として、装置の光度の転送は、等しい間隔で置かれた1組のテース(teeth)であり、そして「精巧さ」は、テース、自由スペクトル範囲と、各テースの最大幅の半分との間の距離の比率として定義される。

オプティカル・フィルタの波長の判別能力を向上

題を解決する。

例えば、単一キャビティのフアブリー・ペローのオプティカル・フィルタは、例えば1986年のケンブリッジ大学プレス(Cambridge Univ. Press)の「フアブリー・ペロー干渉計」(Fabry-Perot Interferometers)と題するヘルナンデス(G. Hernandez)の書籍や、1987年の「応用光学」(Applied Optics)第26巻第430頁乃至第436頁の「フアブリー・ペロー干渉計を使用した単一モードの光ファイバWDMシステムのための波長選択フィルタ」(Wavelength-Selective Filters for Single-Mode Fiber WDM Systems using Fabry-Perot Interferometers)と題するマリソン(S.R. Malinson)の文献などに記載されている。

複数のキャビティのオプティカル・フィルタも、例えば、1983年の「応用光学」第22巻第873頁乃至第885頁の「PEPSIOS純粋干渉計の高分解能走査スペクトロメータ」(The PEPSIOS Purely Interferometric High-

するために、即ち、「精巧さ」を効果的に増加するために、2つの方法が試みられてきた。即ち、これら2つの方法とは、(1)ミラーの性質に細心の注意を払うことによつて単一のキャビティのオプティカル・フィルタの精巧さを改良する方法と、(2)或る所定の光の波長においてだけ、すべてのキャビティが一緒に共振し、そして、他の光の波長において、すべてのキャビティが殆どの波長の入射光を通過しないような態様で、連続的(カスケード)に結合された複数のキャビティを通して光を通過させる方法である。キャビティを連続的に結合する時に必要とする精巧さは、どのキャビティが持っている個々の精巧さよりも遙かに高い精巧さが必要である。複数のキャビティを用いる方法は、効果的であり、しばしば用いられるけれども、この方法は、複数のキャビティの調節を個々に行わねばならないので、柔軟性に欠けるといふ大きな欠点を持っている。本発明は、複数のキャビティを同時に制御することを、簡単に、しかも経済的に行う方法によつて、上述の間

Resolution Scanning Spectrometer)と題するマツク(J.E. Mack)等の文献や、「直列に結合された3個のフアブリー・ペロー・エタロンを使用したインターフェロメータ型のスペクトルメータ」(Interferometric Spectrometer Utilizing Three Fabry-Perot Etalons in Series)と題するマツク(J.E. Mack)等の文献や、米国特許第3373651号の発明や、1989年2月の光波技術に関するIEEE誌(IEEE Jour. of Lightwave Tech.)第7巻の「光学FDMAのLANにおけるデマルチプレクサとしての2段のフアブリー・ペロー・フィルタ」(Two-Stage Fabry-Perot Filter As Demultiplexors in Optical FDMA LANs)と題するサレ(A.M. Saleh)等などの文献で広く知られている。

2個のキャビティのオプティカル・フィルタの特種なミラー装置が、応用光学誌、第25巻第22号第4184頁乃至第4186頁のホグベーン(S.J. Hogvean)等の「3個のミラーを持つフアブリー・ペロー・インターフェロメータ」

(Fabry-Perot Interferometers With Three Mirrors)と題する文献に記載されている。

従来の技術において、2つ(または、それ以上)のキャビティは、独立して分離した構造であり、通常、2つの制御電圧が別個に設けられていることと、ただ1つのサーボ・ループだけではなく、2つのサーボ・ループを必要とした。先ず、フアフリー・ペローのキャビティIのピーク数 $n$ が、所定の波長に同調され、ロックされ、そして次に、フアフリー・ペローのキャビティIIのピーク数 $m$ が、同じ波長に同調され、ロックされる。システムが他の周波数に復帰される時、2つの別個の再同調が必要である。このような方法は、研究用「光学ベンチ」のような研究施設でのみ調節可能である。以下に説明する本発明の装置は、第1のキャビティの適当な光学的通路長 $x$ と、第2のキャビティの適当な光学通路長 $y$ とを同時に単一の印加電圧を供給する手段を有し、両方のキャビティが一体的に設けられた単一の装置である。

上述の1989年2月の光波技術に関する1E

に対して相対的に第2のキャビティを僅かに傾けること)が過度の反射を抑制するために従来から使用されている。

上述のマツクのPEPSIOS装置において、同調は、本発明のように間隔だけを変化し、または屈折率だけを変化することによつて行われている。このPEPSIOS装置において、同調は、すべてのキャビティ内のガスの圧力及び量を同時に変化させ、従つて、異なつたガスの量によつてすべてのキャビティ中の屈折率を変化することによつて行われている。所望の共振周波数の変化を得るために、ガスの圧力の変化(間隔を調節するものではない)を使用することは、非常に複雑である。マツク等がこのような同調方法を行つた理由は、同調を行うために電子光学材料の利用には気づかなかつたか、またはその時代の電子光学材料の性能が充分でなかつたかの何れかであつたことは明らかであろう。何れにせよ、マツク等の装置は、3つのキャビティが同時に同調されたときの波長において、装置全体を走査するばかりでな

く、第7巻に記載された装置において、発明者等は、1つのキャビティではなく、2つのキャビティを使用することによつて、全体的な波長スペクトル転送機構の改良を分析研究している。この発明において、キャビティは別個に制御されることに基いている。発明者は、縦続的(カスケード)に配列され分離された2つのミラーを持つキャビティと、2番目の「第3ミラー」とで構成された構造、即ち左側のキャビティの右側のミラーと、右側のキャビティの左側のミラーとが、上述のホゲベーン等で提案された装置と同じミラー構成を持つている装置を分析している。過度な共振ピーク(第1ミラーと第3ミラーとの間の定常波による共振ピーク)を阻止するために、この3個のミラー装置は、3個のミラーの反射を制御することに依存しているので、これらは、ある許容範囲内の相互位置に関する或る比率に従わなければならない。2つのキャビティにおけるフィルタの通常4個のミラーの装置においては、或る他の手法(以下に説明されるように、第1のキャビティ

く、最初の位置の一致をセットするために、3つのチャンバのすべてにおいて異なつたガス圧力を使用していた。3つのチャンバ中のガス圧力が、同じでなく、適宜の量によつて変化するのを確実にするために、精密な一連のニードル・バルブが用いられていた。

上述のPEPSIOS装置はキャビティの内部の物質を変化することを提案しているが、この装置は、複数の共振キャビティ中で同じ屈折率を変化し、同時に、単一の制御電圧だけに応答させることを提案していない。

米国特許第4225236号の装置は、本発明と同じ種類の装置、即ち2つ(または、それ以上)のキャビティを同時に制御することの出来るただ1つの制御電圧を持つ装置に関する。然しながら、この特許で得られるものは、簡単で、低価格で高速な復帰が必要な装置ではなく、非常に複雑で、嵩張る装置であつた。この特許の装置は、垂直方向に向けられた大きな光学ベンチを含み、この光学ベンチの水平方向がピエゾ電気に基づいて

制御されている。光は左側から水平方向に入射し、キャビティ I (間隔 =  $x$ ) を通つて通過する。このキャビティの左側ミラーは固定され、右側ミラーはピエゾ電気によつて動かされる光学段上に設けられている。光学段の右側に、角度  $\theta$  だけ水平方向に対して上方向に傾けられた角度で光反射する他のミラーがある。反射光は、キャビティ II の右側ミラー (可動) を通つて角度  $\theta$  で通過し、そして左側ミラー (固定) を通つて投射される。この装置を同調させるために、光学段は、 $\cos \theta$  に比例した大きさの  $x$  の変化量及び  $y$  の変化量で移動される。この装置は、ミラーの間隔を変化させるために、ミラーを移動することに依存しており、屈折率の変化に依存していない。

本発明の目的は、同調可能なレーザ及び光通信に使用することが出来、小型で、経済的で迅速に同調可能なオプティカル・フィルタを提供することにある。

#### C. 課題を解決するための手段

本発明に従つて、両端に反射面を持つ複数個の

る材料を使用する。

#### E. 実施例

2つのフアブリー・ペロー干渉計の連続的な結合が、夫々独立したものよりも、より大きな選択性を有していることは、良く知られたアイデアである。若し、キャビティ 18 が波長  $\lambda$  において共振しているならば、ミラーの有効間隔は、 $x = n\lambda/2$  である。上式において、 $n$  は正の整数である。ミラーの有効間隔は、ミラー間の実際の距離と、ミラーの間にある媒体の有効屈折率とを乗算したものである。フィルタを通過する光波のスペクトルのピークは、次式の「自由スペクトル範囲 (free spectral range 即ち FSR)」によつて分離される。

$$FSR_1 = c/2x = f/n$$

上式において、 $c$  は光の速度であり、 $f$  は光の周波数である。他方、若し、入射光線がキャビティ 18 を通り、次にキャビティ 19 を通過するように、第 2 のキャビティ 19 が第 1 のキャビティに連続的に結合されており、そして、若し、 $\lambda$  で

共振キャビティを有する同調可能なオプティカル・フィルタが与えられる。また、本発明に従つて、ただ 1 つの制御電圧に応答して、オプティカル・フィルタの各キャビティの中の電子光学的材料の屈折率を変化させる手段が与えられる。共振キャビティは、光学的信号が共振キャビティを通過し、そして、電子光学的材料の屈折率が、所定の値に調節された時、選択された波長で共振する。本発明は、波長の選択性を最大にするために、連続的に結合された複数個のキャビティの同調を変化するためのただ 1 つの制御電圧を使用する複数個の同調可能なオプティカル・フィルタである。本発明において、 $n$  及び  $m$  を 2 つのキャビティ中の半波長の定在波の数とし、 $x$  及び  $y$  を 2 つのキャビティの光路の長さとした場合、常に  $x/y = n/m$  の関係で、共振する波長が変化するように、キャビティの光路の長さの比率が設定される。単一の制御電圧を持つ構造で電氣的に同調させる本発明の装置は、光路の長さを固定したキャビティ中の電子光学的な材料の屈折率が電圧に依存す

共振するキャビティ 19 のミラーの有効間隔が、 $x$  と異なる  $y = m\lambda/2$  であるならば、その自由スペクトル範囲は、 $FSR_2 = c/2y = f/m$  である。従つて、キャビティ 18 の転送スペクトルは、テース (teeth) 距離  $f/n$  だけ離れ、キャビティ 19 に対してはテース距離  $f/m$  だけ離れている。ここで、 $m$  及び  $n$  を相互に近い整数に選ぶことによつて、両方のキャビティを通過する光の完全な転送が、大きなテース距離で生じるから、キャビティの配列の精巧さを非常に高度にすることが出来る。直列結合されたキャビティ全体の FSR は、個々の FSR の最小公倍数とすることが出来る。単一のキャビティの精巧さは、ミラーの平面度、平滑度及び並行度の製造公差によつて、通常、制限されるので、直列結合によるアプローチは、質の良くない 2 つ以上の装置から高い分解能の装置を作るための強力な手段である。

第 1 図及び第 2 図は 2 つのキャビティを持つ本発明の実施例を示す図である。第 1 図において、コリメートされた光が、2 つの連続したキャビティ

イを通過するように、左側から入射され、そして左側に出る。両方のキャビティ内で同じ屈折率を持つキャビティの媒体32は、適当な電子光学的材料であり、その物質の屈折率は、電圧の勾配の関数である（一次関数である必要はない）。電極31の間に印加される電圧を変化することによって、この装置は同調される。キャビティの側壁33は、絶縁体材料で作られており、上部壁及び下部壁は電極31である。第2図に示したように、この装置は、長さに沿って均一な断面を持つている。

光学路の長さxの共振キャビティ48は、1対の反射面34及び35で構成されている。同様に、光学路の長さyの共振キャビティ49は、1対の反射面36及び37で構成されている。鏡面（反射面とも言われる）34及び35は、2枚のガラス38及び39上の適当な被膜によつて形成されている。面40及び41は、キャビティの過剰な共振を避けるための従来の方法に従つて、反射面34及び35と平行になるのを避けるために、僅

かに傾けられている。同様に、面42及び43は、反射面36及び37と平行にならないように構成されている。

この装置が作られる時、キャビティ48を構成する対向する平行な反射面34及び35は、間隔x（テスト波長λの半波長のm倍）に設定される。同様に、キャビティ49は、間隔y（同じテスト波長λの半波長のn倍）に設定されている。

上述のような間隔が与えられた装置は、次のように動作する。装置を任意の波長λに同調させる場合、所定の単一の電圧が電極31に印加される。この電圧が電極31に印加された時、キャビティ48中の電子光学的材料の屈折率は、キャビティ48を波長λで共振させるような予め決められた値に調節される。従つて、この共振キャビティ中に波長λの半波長のn倍の定在波がある。共振キャビティ49中の材料がキャビティ48中の材料と同じであれば、キャビティ49中の屈折率は所定の値にあるから、所望のように、共振キャビティ49中に波長λの半波長のm倍の定在波がある。

第3図及び第4図は、屈折率により共振させる方式を用い、且つ3個のミラーと2個のキャビティで同調されるオプティカル・フィルタを示している。第3図に示されたように、ミラー68は細線で示されているが、実際には、薄いガラス板の一方の面に反射被覆を設け、他方の面に無反射被覆を設けたものである。2つの共振キャビティはミラー64及び68と、ミラー66及び65とによつて形成されている。制御電圧は、共振キャビティ68及び69の上部の電極61と、下方の接地電極61とに跨がつて印加される。キャビティ内部の電子光学材料は62で示されている。二次共振は、ミラーの反射を注意深く選ぶことによつて制御されているので、第1図の実施例に必要であつたように、一方のキャビティを他方のキャビティに対して傾斜させることは、3個のミラー装置の場合には必要がない。

2個のキャビティの実施例の細部のパラメータの1例を以下に示す。それらは、波長=1.5ミクロン、整数n=100、自由距離x=50×1.

5=75ミクロン、1.5ミクロンにおける第1キャビティの自由スペクトル範囲=1.5<sup>2</sup>/2x=0.015ミクロン、整数m=104、自由距離y=78ミクロン、1.5ミクロンにおける自由スペクトル範囲=1.5<sup>2</sup>/2y=0.14423ミクロン、有効合計自由スペクトル範囲=26×0.014423=25×0.015=0.375ミクロン、K（レバー・アーム係数）=100である。電子光学的材料の代表的な材料は、ニオブ酸塩リチウムであり、良好な安定電極は、不変鋼（invar）であり、絶縁性側壁は、セラミツク材料であり、ミラーの材料としては光学ガラスである。電圧Vの代表的な値は0乃至500ボルトである。

本発明は2個以上のキャビティにも適用することが出来るし、共焦ミラーのような非平面ミラーも使用することが出来る。

本発明の他の装置の例として、例えば非平面ミラー構造（例えば共焦ミラー）を使用することが出来る。

## E. 発明の効果

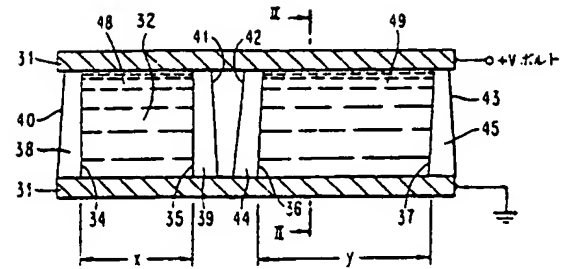
本発明は、同調可能なレーザ及び光通信に使用することが出来、小型で、経済的で迅速に同調可能なオプティカル・フィルタを提供する。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は各端部に反射面を持つ2つの分離したキャビティを含む本発明のオプティカル・フィルタの第1の実施例の断面図、第2図は第1図に示したII-IIの線で切断したオプティカル・フィルタの断面図、第3図は4個のミラーでなく、3個のミラーを使用し、キャビティの各端部に反射面を持つ本発明の第2の実施例の断面図、第4図は第3図に示したIV-IVの線で切断したオプティカル・フィルタの断面図である。

31、61……電極、32、62……電子光学的媒体、34、35、36、37……反射面、48、49、68、69……共振キャビティ、64、65、66……ミラー。

FIG. 1



31 ..... 電極  
32 ..... 電子光学的媒体  
34、35、36、37 ..... 反射面  
48、49 ..... 共振キャビティ

FIG. 2

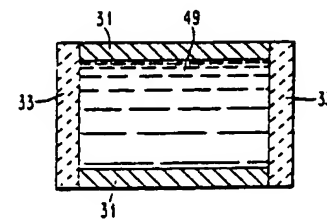
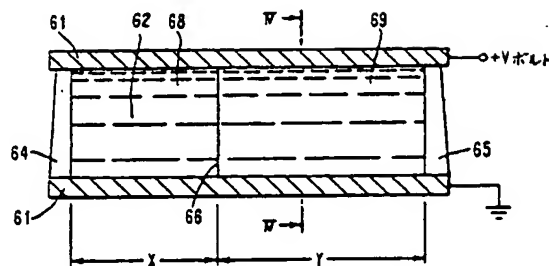
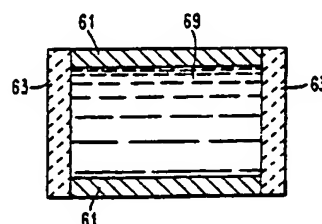


FIG. 3



61 ..... 電極  
62 ..... 電子光学的媒体  
64、65、66 ..... ミラー

FIG. 4



第 1 頁の続き

⑤Int. Cl. 3

識別記号

庁内整理番号

G 02 F 1/23  
H 01 S 3/08  
3/106

H 01 S 3/08

3/106

8106-2H

7630-5F

⑫発 明 者      フィリップ・アンド  
                         レ・ペリエア

レ・ペリエア

フランス国ヴィロスレイ、78220、アヴェニュー・ゲージ17  
番地

番地